

**Министерство общего и профессионального образования  
Российской Федерации  
Уральская Государственная Лесотехническая Академия**

Кафедра сопротивления материалов и теоретической механики

Д.Т. Анкутдинов  
В.А. Калентьев  
Л.Т. Раевская

**Статика  
Трение, Равновесие тел с учётом трения покоя**

Методические рекомендации и задания по курсу «Теоретическая  
механика» для студентов всех специальностей

Екатеринбург 1997

## 1. Краткие сведения о трении

Трением (точнее, внешним трением) называют механическое взаимодействие двух тел в местах их соприкосновения (контакта), препятствия относительному движению этих тел при условии постоянного сохранения их соприкосновения. Такая совокупность двух тел образует так называемую кинематическую пару, а поверхность, линию или точку их соприкосновения называют элементами кинематической пары.

Трение между взаимно неподвижными телами называют трением покоя, а между движущимися телами – трением движения. Согласно ГОСТ 27674 – 88 трение покоя – это трение 2 тел при микросмещении без макросмещения, а трение движения – трения 2 тел, находящихся в движении относительно друг друга. Иными словами, при трении покоя визуальное взаимное перемещение тел не наблюдается, хотя в микрообласти оно может и существовать. В зависимости от вида относительного движения 2 тел различают трение скольжения, качения, верчения. По ГОСТ 27674 – 88 трением скольжения называют трение движения, при котором скорости тел в точках касания различны по значению и/или направлению. Трение качения – это трение движения, при котором скорости соприкасающихся тел одинаковы по значению и направлению, по крайней мере в одной точке зоны контакта. Определение трения верчения в стандарте не дано. С.М. Тарг говорит, что такой вид трения возникает в том случае, когда к телу, лежащему на плоскости, прилагают пару сил, расположенных в этой или иной параллельной плоскости. Тогда тело будет иметь тенденцию к верчению вокруг оси, перпендикулярной к опорной плоскости.

Поясним данные определения.

1. Кинематическая пара представлена прямоугольным параллелепипедом 1, расположенным на неподвижной горизонтальной опорной поверхности – связи 2 (рис 1,а). Элементом кинематической пары является зона контакта параллелепипеда с плоскостью. Выделим в зоне контакта две сопряжённые точки  $K_1$  и  $K_2$ , принадлежащие

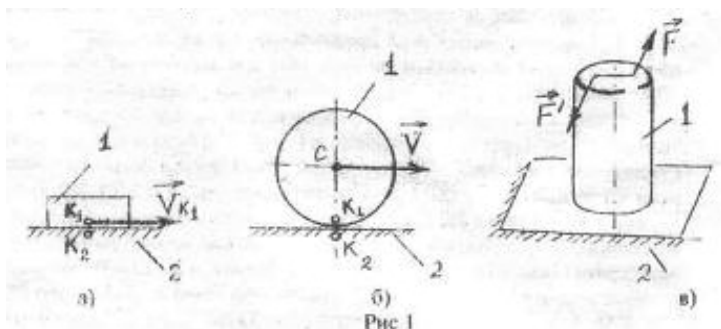
соответственно телу<sup>1</sup> и связи<sup>2</sup>. При движении тела<sup>1</sup> вектор скорости точки  $K_1$  отличен от нуля и находится в плоскости контакта, т.е.  $V_{k1} \neq 0$ . В то же время скорость точки  $K_2$  равна нулю  $V_{k2} = 0$ , т.к. эта точка принадлежит неподвижной поверхности. Данное соотношение между скоростями будет справедливо для всех точек зоны контакта. Тем самым, между параллелепипедом и опорной поверхностью, согласно определению ГОСТ 27674-88, имеет место трения скольжения. Такой вид трения встречается между стенкой цилиндра и поршня в поршневых компрессорах и насосах, между кулисой и кулисным камнем в поперечно – строгальных станках, между салазками и каретками в качающихся конвейерах и во многих других случаях.

2. Кинематическая пара представлена цилиндром 1, катящимся без скольжения по неподвижной горизонтальной поверхности – связи 2 (рис. 1,б). Скорость центра колеса  $V$ . Элементом кинематической пары являются линия (в плоскости чертежа точка) контакта цилиндра с плоскостью. Так как точка  $K_2$  принадлежит неподвижной поверхности, то  $V_{k2} = 0$ . Цилиндр по условию катится без скольжения. Это значит, что  $V_{k1} = V_{k2}$  и, следовательно,  $V_{k1} = 0$ . По определению ГОСТ 27674 – 88 в данном случае в зоне контакта имеет место трения качения. Такой вид трения реализуется при качении без буксования или юза колёс различных транспортных средств (автомобилей, колёсных тракторов и т.д.), при качении шариков и роликов в подшипниках качения и т.д.
3. Кинематическая пара представлена цилиндром 1, опирающимся своим торцом на неподвижную горизонтальную опорную поверхность – связь 2 (рис. 1,в). Элементом кинематической пары является зона контакта цилиндра с опорной поверхностью. К цилиндру приложена пара сил  $(F, F)$ , лежащая в плоскости, перпендикулярной оси цилиндра. В этом случае в зоне

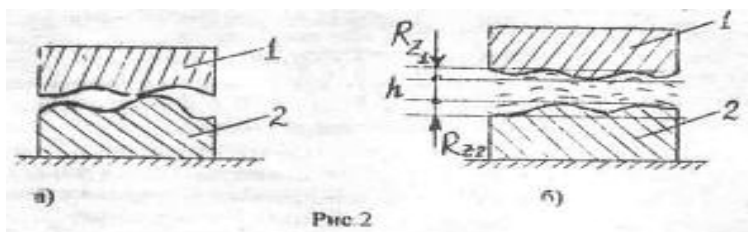
контакта имеет место трение верчения. Подобный вид трения реализуется в подпятниках.

Принято различать четыре вида трения скольжения.

1. Сухое трение или трение без смазочного материала, при котором сопряжённые поверхности 1 и 2 непосредственно контактируют друг с другом (рис.2,а). Трение такого рода встречается в резьбах крепежных деталей, фрикционных и ременных передачах, сцепных муфтах и тормозах.



2. Жидкостное трение (трение со смазочными материалами) это трение, когда сопряжённые поверхности 1и 2 разделены слоем смазочного материала 3, минимальная толщина которого  $H_{мин}$  превышает сумму высот неровностей  $R_1$  и  $R_{z2}$  (рис. 2б) и размеры твёрдых частиц, которые могут оказаться в смазочном материале в результате его загрязнения, что соблюдается при толщине смазки  $h=2,...,70$  мкм. При таком виде трения его коэффициент трения очень мал и не превышает  $f=0.010...0.001$ . Согласно ГОСТ 2789 – 73 символом  $R_z$  обозначена средняя высота неровностей профиля сопряжённых поверхностей, замеренная по десяти точкам. Количественное значение  $R_z$  зависит от вида механической обработки деталей, определяющей шероховатость её поверхности.
3. Полусухое трение, при котором между сопряжёнными поверхностями имеется слой смазочного материала при



значительном количестве непосредственных точек контакта между ними.

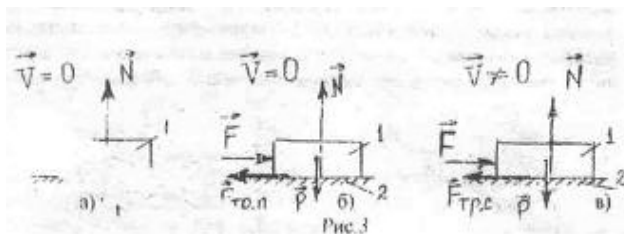
4. Полужидкостное трение, при котором между сопряженными поверхностями имеется слой смазочного материала при единичных точках их непосредственного контакта.

В двух последних случаях слой смазочного материала образует очень тонкую граничную плёнку, толщина которой не превышает 0.1 мкм.

Чётких критериев, позволяющих отнести трение к полусухому или полужидкому, не существует. Эта градация в значительной степени субъективна.

Механизм возникновения и проявления трения покоя и скольжения может быть представлена следующим образом.

Рассмотрим призматическое тело 1, расположенное на шероховатой опорной поверхности 2 (рис. 3). Пусть в начальный момент времени на тело не действуют никакие силы, кроме силы тяжести  $P$ . Под действием этой силы возникают нормальная реакция связи  $N$ , причём  $\vec{N} = \vec{F}$ . В горизонтальном направлении силы отсутствуют (рис. 3.а).



Пусть далее к телу приложена горизонтально направленная сила  $F$  (рис. 3.б), при которой тело продолжает оставаться в покое. Движению тела будет препятствовать сила, лежащая в опорной плоскости и связанная с наличием трения в зоне контакта тел. Эту силу называют силой трения покоя  $F_{\text{тр.п}}$ . Из условия равновесия сил  $\vec{F}_{\text{тр.п}} = - \vec{F}$ .

По мере увеличения силы  $F$  будет возрастать при неподвижном теле 1 и сила  $F_{\text{тр.п}}$ . Наконец, при каком – то её предельном значении  $F_{\text{пр}}$  тело перейдёт в состояние движения (рис. 3,в). Это предельное значение силы трения покоя называют силой сцепления  $F_{\text{сц}}$ ; очевидно, что  $0 \leq F_{\text{тр.п.}} \leq F_{\text{сц}}$ . При дальнейшем движении, сила трения уменьшается. Такую силу трения называют силой скольжения  $F_{\text{тр.с.}}$ , при этом  $F_{\text{тр.с.}} < F_{\text{сц}}$ .

Сухое трение подчиняется законам Кулона, а жидкостное трение – законам Н.П. Петрова. (Законы сухого трения были установлены в 1699 г. Амонтоном, сформулированы в 1851 г. Мореном. Законы жидкостного трения установлены Н.П. Петровым в 1883 г.). Жидкостное трение не является предметом настоящих методических рекомендаций.

Кратко сущность законов Кулона (законов трения при покое) состоит в следующем.

1. Максимальное (предельное) значение силы трения покоя (силы сцепления) пропорционально нормальному давлению тела на опорную поверхность (нормальной реакции связи опорной поверхности)  $F_{\text{ед}} = f_0 N$ .

Коэффициент пропорциональности  $f_0$  называют коэффициентом трения скольжения при покое, коэффициентом статического трения или коэффициентом сцепления. Коэффициент  $f_0$  – безразмерная величина. Численное значение коэффициента зависит от многих факторов: шероховатость поверхности, материалов соприкасающихся тел и т.д. Его значение приводятся в специальной литературе.

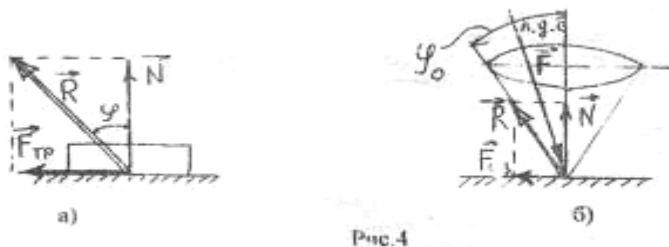
2. Сила трения на поверхности соприкосновения двух тел всегда направлена в сторону, противоположную относительной скорости движения или, если оба тела находятся в покое, в сторону, обратную силе, стремящейся привести движение одно из соприкасающихся тел.
3. Сила трения зависит от площади контакта соприкасающихся тел, относительной скорости, времени скольжения.
4. Трение покоя больше трения движения, а это означает, что коэффициент трения скольжения при движении  $f$  меньше коэффициента трения скольжения при покое  $f_0$ , т.е.  $f < f_0$ . Законы Кулона были экспериментально проверены Мореном для относительных скоростей до 3 м/с и давлении до 1 МПа. Как показали дальнейшие исследования, вне указанных пределов силы трения скольжения изменяются существенно. Так, при увеличении скорости скольжения от 2.13 до 26.8 м/с сила трения при равных условиях уменьшается почти в 3 раза через 25 с после начала опыта. Однако на практике продолжают пользоваться законами Кулона, как наиболее наглядными, простыми и справедливыми для подавляющего большинства задач механики.

Можно записать следующие основные зависимости, характеризующие трение покоя и скольжения.  $0 \leq F_{\text{тр.п}} \leq F_{\text{сц}}$ ;  $F_{\text{сц}} = f_0 N$ ;  $F_{\text{тр.с.}} = f N$ ;  $f < f_0$ . Геометрическую сумму нормальной реакции связи и силы трения  $R = N + F_{\text{тр}}$  называют полной реакцией шероховатой поверхности (рис. 4,а), а угол её отклонения от нормали – углом трения (соответственно, при покое или скольжении).

Полная реакция всегда отклонена в сторону, противоположную движению (тенденции к движению) тела.

Если тело перемещать в различных направлениях по опорной поверхности (плоскости), то полная предельная реакция  $R$  опишет коническую поверхность, называемую

конусом трения (рис. 4,б), с углом конуса  $2\varphi_0$ .



Конус трения определяет область статического равновесия, обладающую следующим свойством: если линия действия (л.д.с.) внешней силы  $F$ , проведённая через вершину конуса, находится внутри конуса или совпадает с его образующей, то такая сила, сколь бы велика она не была, не может вызвать движение тела. В заключение отметим, что следует помнить – сила трения покоя  $F_{\text{п}}$  и её предельное значение (сила сцепления  $F_{\text{сц}}$ ) не производят какой – либо работы, так как конвертирующие тела не совершают относительного перемещения. Такое трение иногда называют статическим трением. Напротив, сила трения скольжения  $F_{\text{ск}}$  приложена к взаимно перемещающимся телам и совершает работу. Поэтому такое трение иногда называют кинетическим трением.



## **2. Особенности и порядок расчета механических систем с учетом трения покоя**

Расчет механических систем, рассматриваемых в настоящих методических рекомендациях, предусматривает определение неизвестных внешних сил системы и реакций связи с учётом трения сцепления.

Для выполнения расчета необходимо уметь составлять расчетные схемы механической системы и записывать необходимые уравнения равновесия системы сил.

При составлении расчетной схемы надо уметь классифицировать связи и правильно заменять их действия реакциями. Уравнение равновесия составляют для каждого тела в отдельности. Необходимо уметь составлять эти уравнения в трех скалярных формах, выбирая ту форму записи, которая является наиболее предпочтительной. Все эти вопросы подробно рассмотрены в методических указаниях «Статика. Определение реакций составной системы» (Д.Т. Анкудинов, В.А. Калентьев. Л.Т. Раевская, В.И. Ефимова, УГЛТА, 1997), которую студенты в соответствии с программой изучают ранее.

Особенностью расчета предложенных здесь механических систем является то, что уравнения равновесия дополняются соотношением, устанавливающим зависимость между нормальной реакцией и силой трения сцепления.

Порядок расчета:

1. Вычерчивают исходную схему системы с изображением связей, всех действующих на систему активных сил и с указанием геометрических размеров системы. Выписывают все исходные данные.
2. Классифицируют все внутренние и внешние связи (гладкий цилиндрический шарнир, гладкая опорная поверхность, жесткая заделка, гибкая связь и т.д.).
3. Составляют расчетные схемы для каждого тела системы в отдельности, начиная с груза, грузового блока, грузовой тележки и оканчивая тормозной колодкой. Желательно предварительно определить направление силы трения. Для этого телу мысленно сообщают возможное движение и силу трения направляют

противоположно этому движению, т.е. противоположно относительной скорости. Как задают возможное движение будет показано далее при разборе решения типовой задачи. На схемы наносят все активные силы и реакции связей.

4. Выписывают системы сил, соответствующие каждой расчетной схеме, и определяя число неизвестных сил, которых должно быть не более четырёх

5. С каждым телом в отдельности связывает прямоугольную систему осей координат (для тела типа «груз» достаточно провести одну ось). Начало координат и направление осей произвольное.

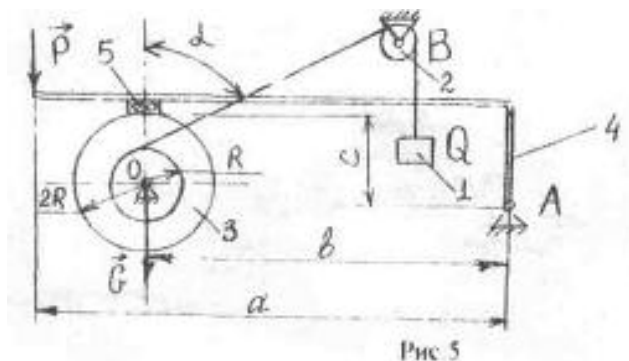
6. Для каждого тела составляют уравнение равновесия. Для линейной системы сил, в которой линии действия всех сил совпадают, - одно уравнение, для системы параллельных сил и плоской системы сходящихся сил – два уравнения, для плоской системы сил – три уравнения. Если число неизвестных сил окажется больше числа возможных уравнений равновесия, то дополнительно записывают соотношения связи.

7. Решая полученные уравнения, находят те силы, которые требуется определить в соответствии с условиями задачи (активную силу, реакция связей).

8. Записывают итоговые расчетные данные.

### 3. Пример решения задачи

1. Исходные данные. Исходная схема механической системы, состоящая из четырёх тел, показана на рисунке 5. Система состоит из груза 1, неподв. Блока 2, ступенчатого барабана 3 и жесткого рычага с укрепленной на нём тормозной колодкой 5.



Исходные данные для расчета:  $G=1.0$  кН,  $Q= 10$  кН,  $a=2.0$  м,  $b= 1.2$  м,  $c= 0.5$  м,  $f_o= 0.1$ ,  $\alpha = 45$  гр.

Требуется определить минимальное значение силы  $P$ , при котором система будет находиться в равновесии, и реакции связей  $O$ ,  $A$ ,  $B$ .

#### 2. Классификация связей:

связи  $O$ ,  $A$ ,  $B$  – гладкий цилиндрический шарнир;

связи между грузом 1 и блоком 2, блоком 2 и барабаном 3 – гибкая связь;

связь между барабаном 3 и тормозной колодкой 5 – шероховатая опорная поверхность

#### 3. Расчет системы.

3.1. Тело 1 (груз). Расчётная схема – рис.6. Линейная система сил –  $\{Q, T_1\}$ . Число неизвестных – одно:  $T_1$ . Число уравнений равновесия – одно,  $\sum F_k x = 0$ , т.е. в нашем случае

$$T_1 - Q = 0, \text{ отсюда } T_1 = Q, T_1 = 10 \text{ кН.}$$

3.2. тело 2 (неподвижный блок). Расчётная схема – рис. 7.

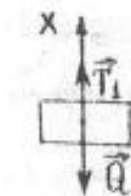


Рис. 6

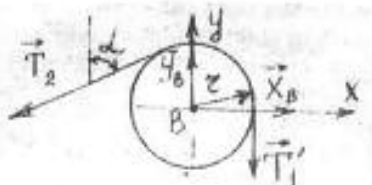


Рис. 7

Плоская система сил  $\{T_1, T_2, X_b, Y_b\}$ .

$T_1 = T_1$ , число неизвестных – три:  $T, X_b, Y_p$ . Число уравнений равновесия – три

$$M_B(F_k)=0 \Rightarrow -T_1 r + T_2 r = 0; T_2=T_1; F_{kx}=0 \Rightarrow -T_2 \sin \alpha + X_b=0; X_b= T_2 \sin \alpha ;$$

$$F_{ky}=0 \Rightarrow -T_1 - T_2 \cos \alpha + Y_b=0; Y_b=0; Y_b= T_1(1+ \cos \alpha );$$

$$T_2=10 \text{ кН}; \quad X_b=10 \sin 45= 7.07 \text{ кН}; \quad Y_b=10(1+\cos 45)=17.07 \text{ кН}$$

$$X_b= 7.07 \text{ кН}; \quad Y_b=17.07 \text{ кН}$$

### 3.3. Тело 3 (ступенчатый барабан)

Определим направления силы сцепления  $F_{сц}$ . Для этого примем силу  $P$  меньше минимального значения  $P < P_{min}$ . Если в задаче требуется найти наибольшее значение  $P$ , то следует принимать  $P > P_{max}$ . Иными словами, растормозим барабан. Тогда под действием силы  $T_2$  он должен вращаться по часовой стрелке. Следовательно, сила  $F_{сц}$  должна создавать момент относительно точки  $O$ , направленный против часовой стрелки.

Расчётная схема представлена на рис. 8.

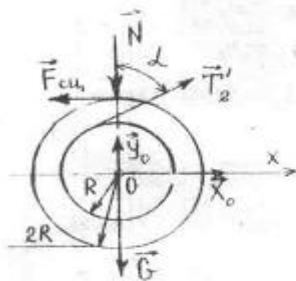


Рис. 8

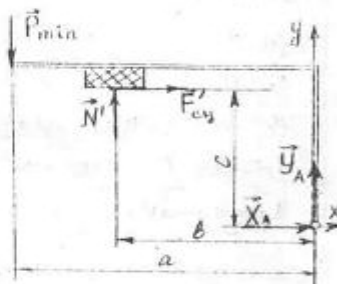


Рис. 9

Плоская система сил  $\{G, T_2, N, F_{\text{сц}}, X_o, Y_o\}$  и  $T_2 = -T_2$  ( $T_2=T_2$ ), Число неизвестных четыре-  $N, F_{\text{сц}}, X_o, Y_o$ . Число уравнений равновесия - три. Недостающим уравнением явл. урavn. связи  $F_{\text{сц}}=f_o N$

$$M_o(F_k)=0 \Rightarrow -T_2 R + F_{\text{сц}} * 2R = 0 \qquad F_{\text{сц}} = T_2/2, \quad N = F_{\text{сц}}/f_o \Rightarrow N = T_2/(2f_o)$$

$$F_{kx} = 0 \Rightarrow T * \sin \alpha - F_{\text{сц}} + X_o = 0; \quad X_o = T_2(0,5 - \sin \alpha)$$

$$F_{ky} = 0 \Rightarrow -G + \cos \alpha \cdot N + Y_o = 0; \quad Y_o = G - T_2(0,5/f_o - \cos \alpha)$$

$$F_{\text{сц}} = 10/2 = 5 \text{ кН}; \quad N = 10/(2*0,1) = 50 \text{ кН}; \quad X_o = 10(0,5 - \sin 45) = 2,07 \text{ кН}; \\ Y_o = 1 + 10(0,5/0,1 - \cos 45) = 5,29 \text{ кН}$$

### 3.4. Тело 4 (жесткий рычаг)

Расчетная схема- рис. 9. Плоская система сил  $\{N, F_{\text{сц}}, P_{\text{min}}, X_A, Y_A\}$  и  $N = -N$ , ( $N = N$ );  $F_{\text{сц}} = -F_{\text{сц}}$  ( $F_{\text{сц}} = F_{\text{сц}}$ ). Число уравнений равновесия – три.

$$M_A(F_k)=0 \Rightarrow -Nb - F_{\text{сц}}c + P_{\text{min}}a = 0; \quad P_{\text{min}} = (Nb - F_{\text{сц}})a;$$

$$F_{kx}=0 \Rightarrow F_{\text{сц}} + X_A = 0; \quad X_A = -F_{\text{сц}}; \quad F_{ky}=0 \Rightarrow N - P_{\text{min}} + Y_A = 0$$

$$Y_A = -(N(a-b) - F_{\text{сц}}*c)a; \quad P_{\text{min}} = (50*1.2 + 5*0.5)/2 = 31.25 \text{ кН};$$

$$X_A = -5 \text{ кН}$$

$$Y_A = -(50*(2-1.2) - 5*0.5)/2 = -18.75 \text{ кН}$$

### 4. Результаты расчета

$$P_{\text{min}} = 31.25 \text{ кН}, \quad X_A = -5 \text{ кН}, \quad Y_A = -18.75 \text{ кН}, \quad X_B = -7.07 \text{ кН}, \quad Y_B = 17.07 \text{ кН}, \quad X_o = -2.07 \text{ кН}, \quad Y_o = 5,29 \text{ кН}$$

## 4. Задания

Определить минимальное значение силы  $P$  и реакции опор механической системы, находящейся в покое. Необходимые для расчета данные приведены в табл. 1, где указано, в каких точках надо определить реакции связей. Номер варианта задания выдаёт преподаватель с учётом табл. 2. Варианты схем конструкции представлены в табл. 3. (варианты 1...20 заимствованы из сборника заданий для курсовых работ по теоретической механике под ред. Яблонского А.А.- М.: Высш. Школа, 1985.)

Таблица 1

Исходные данные для расчета.

Варианты исходных данных	G, кН	Q, кН	a, m	b, m	c, m	$\alpha$ , град	f <sub>0</sub>	Точки опред. реакций
1	1.0	10	0,20	0,10	0.04	30	0.10	O,A
2	1.1		0,10	0,15		30	0.15	O, A, B
3	1.3	14	0,45	0,40	0,05	45	0.20	O,A
4	1.8	15	0,10	0,40	0,06		0.25	O,A
5	1.5	16	0,20	0,30	0.04	45	0.30	O,A
6	1.6	18	0,15	0,10		45	0.35	O, A, B
7	2.0	20	0,20	0,50	0,05	30	0.40	O,A
8	2.2	18	0,20	0,10		30	0.35	O, A, B
9	2.1	20	0,10	0.20		30	0.30	O, A, B
10	1.8	22	0,30	0,30	0.04	45	0.25	O,A
11	1.9	24	0,40	0,50	0,06		0.20	O,A
12	2.0	25	0,10	0,25		30	0.15	O, A, B
13	1.6	20	0,10	0,10		45	0.10	O, A, B
14	1.7	24	0,10	0,25	0.04	60	0.15	O,A
15	1.8	20	0,10	0,15		45	0.20	O, A, B
16	1.2	15	0,20	0,45	0.04	45	0.25	O,A
17	1.3	12	0,15	0,15		45	0.30	O,A,B,C
18	1.4	14	0,20	0,30	0,05	60	0.35	O,A
19	1.7	16	0,50	0.20	0,06	30	0.40	A,C,D
20	1.6	18	0,10	0,15			0.35	O,A,B
21	3.0	20	0,10	0,10		30	0.10	O,A
22	1.4	12	0,20	0,10	0,08	60	0.20	A, C, D
23	1.5	18	0,10	0,30	0,01	30	0.20	O, A, B
24	2.0	24	0,30	0,30	0,05		0.15	O,A,B,C
25	1.6	20	0,15	0,10	0.04	60	0.10	O, A, B
26	1.8	22	0,45	0,40	0,05	30	0.15	O, A, B
27	1.7	25	0,40	0,15	0,06	30	0.20	O, A
28	1.2	14	0,50	0,25	0,05	45	0.25	O, A, B
29	2.1	15	0,10	0,45	0,06		0.30	O, A
30	1.7	1.8	0.20	0.30	0.04		0.35	O, A, B

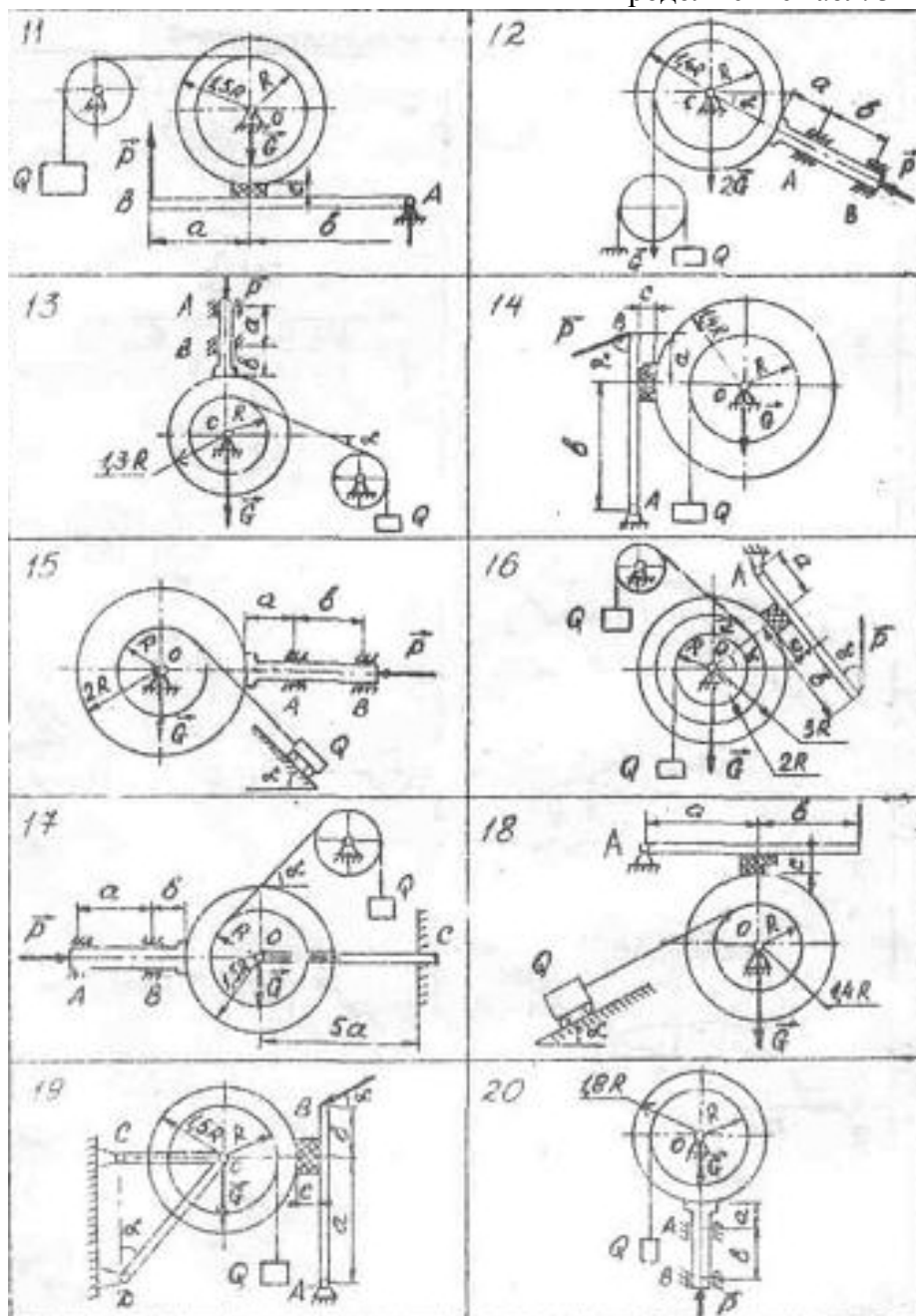
Таблица 2

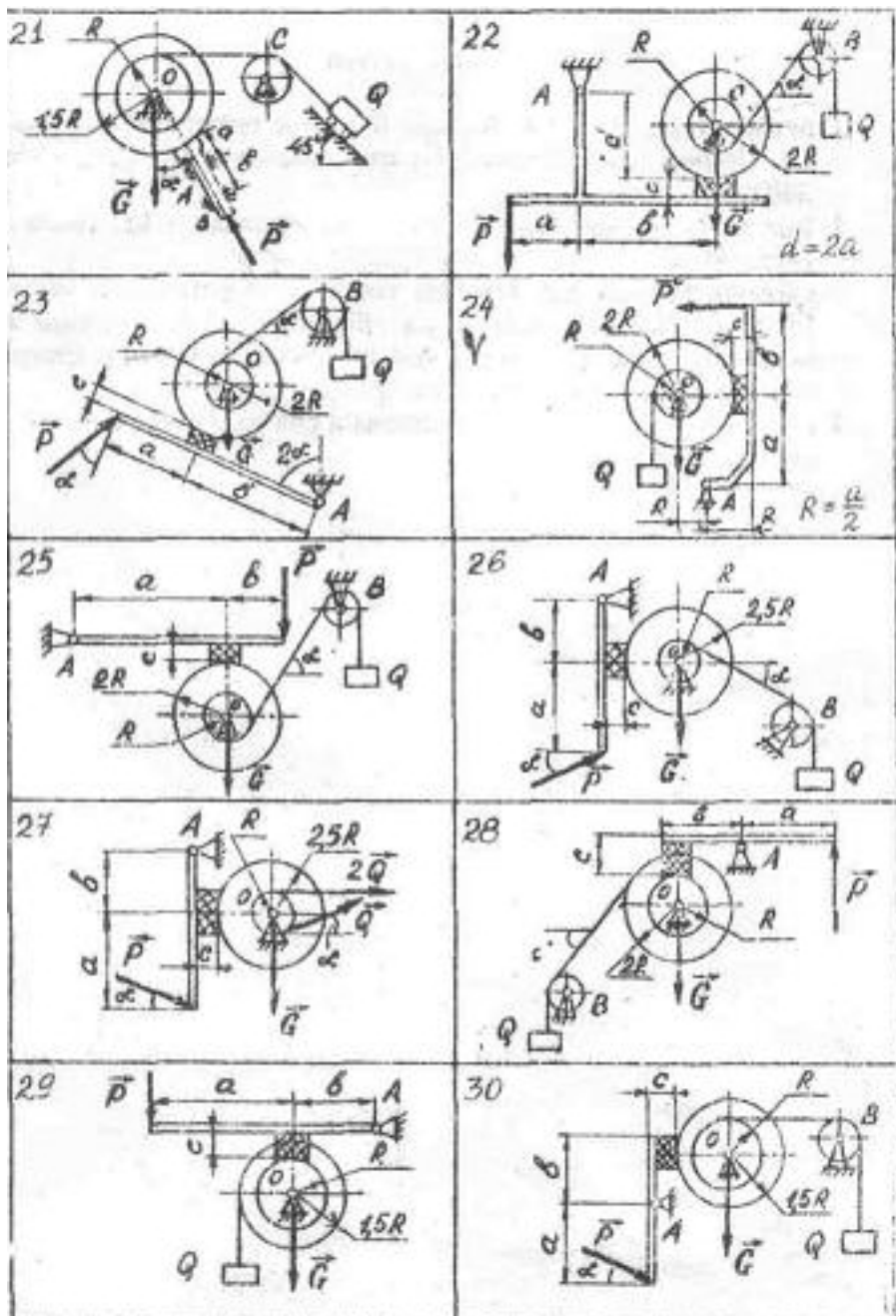
## Варианты заданий

Вариант схемы (табл.1)	Варианты исходных данных
1	1, 3, 5, 7, 10, 14, 16, 18, 27
2	2
3	1, 3, 5, 7, 10, 14, 16, 18, 27
4	4, 11, 24, 29
5	1, 3, 5, 7, 10, 14, 16, 18, 27
6	6, 8, 9, 12, 13, 15
7	1, 3, 5, 7, 10, 14, 16, 18, 27
8	6, 8, 9, 12, 13, 15
9	6, 8, 9, 12, 13, 15
10	1, 3, 5, 7, 10, 14, 16, 18, 27
11	4, 11, 24, 29
12	6, 8, 9, 12, 13, 15
13	6, 8, 9, 12, 13, 15
14	1, 3, 5, 7, 10, 14, 16, 18, 27
15	6, 8, 9, 12, 13, 15
16	1, 3, 5, 7, 10, 14, 16, 18, 27
17	17, 21
18	1, 3, 5, 7, 10, 14, 16, 18, 27
19	19
20	20
21	17
22	22, 23, 25, 26, 28
23	22, 23, 25, 26, 28
24	4, 11, 24, 29
25	22, 23, 25, 26, 28
26	22, 23, 25, 26, 28
27	1, 3, 5, 7, 10, 14, 16, 18, 27
28	22, 23, 25, 26, 28
29	4, 11, 24, 29
30	30









## **Литература**

1. Бутенин Н.В., Лунц Я.Л., Меркин Д.Р. Курс теоретической механики. Т.1. Статика и кинематика. – 4-е изд. Исправл. – М.: Наука, 1985. – 240 с.
2. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. – М.: Высш. Шк., 1995. – 416 с.
3. Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике: Учеб. Пособие для техн. Вузов / Яблонский А.А., Норейко С.С., Вольфсон С.А. и др.; под ред. А.А. Яблонского. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. Шк., 1985. – 367 с.
4. ГОСТ 27674 – 88. Трение и определения.